

2 – Gap Research Analysis

2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu

C. Rahman et al., (2020) Lung Cancer Classification Using Deep Convolutional Neural Networks on Histopathological Images
Metode / Model : CNN (ResNet50)
Hasil Utama : Akurasi 92% pada dataset LC25000
Kelemahan : Model masih fokus pada fitur lokal, tidak menangkap hubungan spasial global antar patch citra
Catatan : Penelitian ini menunjukkan bahwa model CNN seperti ResNet50 efektif dalam mengenali pola sel kanker pada citra histopatologi, tetapi masih memiliki keterbatasan dalam memahami konteks global antarbagian citra. Pendekatan ini menjadi dasar yang kuat untuk penelitian lanjutan menggunakan model yang lebih modern seperti Vision Transformer yang mampu menangkap relasi spasial secara keseluruhan.

K. Ciga et al., (2022) Self-Supervised Vision Transformers for Histopathological Image Analysis
Metode / Model : Vision Transformer (ViT, DINO pretrain)
Hasil Utama : ViT mampu mengungguli CNN dalam klasifikasi citra histopatologi
Kelemahan : Fokusnya pada pretraining umum, belum spesifik untuk kanker paru-paru.
Catatan : Penelitian ini membuktikan bahwa Vision Transformer (ViT) memiliki potensi besar dalam analisis citra histopatologi dan mampu mengungguli CNN pada berbagai dataset. Namun, implementasinya masih bersifat umum dan belum difokuskan pada jenis kanker tertentu, seperti kanker paru-paru. Oleh karena itu, penelitian ini membuka peluang untuk mengadaptasi ViT secara spesifik pada klasifikasi citra histopatologi paru-paru agar hasilnya lebih aplikatif di bidang medis.

2.2. Gap Analysis

1. Analisis terhadap Penelitian C. Rahman et al., (2020)

Penelitian ini menggunakan model Convolutional Neural Network (CNN), khususnya ResNet50, untuk klasifikasi citra histopatologi kanker paru-paru dari dataset LC25000. Hasilnya

menunjukkan akurasi yang tinggi, yaitu sekitar 92%, yang membuktikan efektivitas CNN dalam mengenali pola visual sel kanker. Namun, CNN memiliki keterbatasan mendasar karena hanya mampu menangkap fitur lokal (local features) melalui operasi konvolusi. Model ini sulit memahami hubungan spasial global antarpatch citra, padahal dalam citra histopatologi sering terdapat konteks global antarstruktur jaringan yang penting untuk diagnosis yang akurat.

Kesenjangan (Gap): Belum adanya mekanisme yang mampu menangkap relasi global antarbagian citra histopatologi untuk meningkatkan akurasi dan pemahaman konteks visual jaringan secara menyeluruh.

2. Analisis terhadap Penelitian K. Ciga et al., (2022)

Penelitian ini memperkenalkan penggunaan Vision Transformer (ViT) dalam bidang analisis citra histopatologi dengan pendekatan *self-supervised learning* (DINO pretrain). Hasilnya menunjukkan bahwa ViT mampu mengungguli CNN dalam beberapa tugas klasifikasi citra medis karena kemampuannya memahami hubungan global melalui self-attention mechanism. Meskipun demikian, penelitian ini masih dilakukan dalam skala umum dan belum diterapkan secara spesifik pada jenis kanker tertentu seperti kanker paru-paru. Fokus penelitian lebih pada arsitektur dan pretraining model, bukan pada penerapan klinis yang lebih terarah.

Kesenjangan (Gap): Belum ada penerapan Vision Transformer yang difokuskan khusus untuk klasifikasi citra histopatologi kanker paru-paru, padahal pendekatan ini berpotensi memberikan peningkatan akurasi dan interpretabilitas model.

3. Sintesis Kesenjangan (Gabungan dari Kedua Penelitian)

Dari kedua penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa:

- CNN (Rahman et al., 2020) efektif tetapi hanya menangkap fitur lokal, belum memahami konteks global.
- Vision Transformer (Ciga et al., 2022) menawarkan solusi dengan kemampuan global attention, namun belum diaplikasikan secara spesifik pada citra histopatologi paru-paru.

Maka, celah penelitian (research gap) yang diisi oleh penelitian kamu adalah:

Belum adanya penelitian yang secara khusus menerapkan dan mengevaluasi model Vision Transformer (ViT) pada klasifikasi citra histopatologi kanker paru-paru, serta membandingkan

performanya dengan pendekatan CNN konvensional untuk meningkatkan efektivitas deteksi kanker berbasis citra medis.

2.3. Solusi dan Posisi Penelitian

1. Solusi Penelitian

Berdasarkan hasil analisis terhadap penelitian terdahulu dan kesenjangan yang telah diidentifikasi, solusi yang diajukan dalam penelitian ini adalah dengan mengimplementasikan model Vision Transformer (ViT) untuk melakukan klasifikasi citra histopatologi kanker paru-paru.

Pendekatan ini dipilih karena Vision Transformer (ViT) memiliki kemampuan yang berbeda secara fundamental dibandingkan CNN. ViT menggunakan mekanisme self-attention untuk memahami hubungan antarpatch citra secara global, sehingga lebih mampu menangkap konteks struktural jaringan histopatologi yang kompleks. Dengan demikian, model diharapkan dapat melakukan klasifikasi dengan akurasi lebih tinggi dan interpretasi yang lebih baik terhadap pola visual sel kanker.

Selain itu, penelitian ini juga akan melakukan:

- Preprocessing data citra secara optimal (resize, normalisasi, augmentasi),
- Pelatihan model ViT menggunakan dataset histopatologi paru-paru,
- Evaluasi performa model menggunakan metrik seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*,
- Serta perbandingan dengan model CNN konvensional seperti EfficientNet atau InceptionV3 sebagai pembandingan baseline.

Dengan langkah-langkah tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi terhadap keterbatasan model CNN yang hanya berfokus pada fitur lokal, dan memanfaatkan kekuatan ViT dalam memahami konteks global antarregion citra.

2. Posisi Penelitian

Penelitian ini menempati posisi sebagai pengembangan (lanjutan) dari penelitian-penelitian sebelumnya yang mayoritas menggunakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi citra histopatologi kanker paru-paru. Meskipun pendekatan CNN telah menunjukkan performa yang baik, model ini masih terbatas dalam menangkap hubungan spasial global antarbagian citra. Beberapa penelitian terbaru, seperti yang dilakukan oleh Ciga et al. (2022), mulai menerapkan Vision Transformer (ViT) dalam analisis citra histopatologi dan membuktikan potensinya dalam meningkatkan akurasi klasifikasi. Namun, penerapan ViT tersebut belum difokuskan secara spesifik pada kanker paru-paru.

Oleh karena itu, posisi penelitian ini adalah sebagai studi lanjutan yang memfokuskan penerapan Vision Transformer (ViT) secara khusus pada klasifikasi citra histopatologi kanker paru-paru. Penelitian ini berperan untuk mengisi celah antara pendekatan CNN konvensional dan penerapan ViT yang lebih umum, dengan tujuan menunjukkan bahwa ViT mampu memberikan hasil yang lebih akurat dan efisien dalam memahami pola jaringan paru-paru yang kompleks. Dengan posisi ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan metode klasifikasi citra medis berbasis deep learning modern, khususnya di bidang deteksi kanker paru-paru.

2.4. Kontribusi Utama Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi pada bidang analisis citra medis berbasis deep learning, khususnya dalam klasifikasi citra histopatologi kanker paru-paru. Secara ilmiah, penelitian ini berkontribusi dalam penerapan model Vision Transformer (ViT) pada domain medis yang masih jarang dieksplorasi, terutama pada kasus spesifik kanker paru-paru. Model ViT yang digunakan mampu menangkap hubungan spasial global antarpatch citra melalui mekanisme *self-attention*, sehingga dapat memberikan hasil klasifikasi yang lebih akurat dibandingkan model CNN konvensional yang cenderung hanya memahami fitur lokal.

Selain itu, penelitian ini juga berkontribusi dalam menyediakan analisis komparatif antara model Vision Transformer dan model CNN modern seperti EfficientNet, untuk menunjukkan keunggulan ViT dalam hal performa dan efisiensi. Dari sisi teknis, penelitian ini menghasilkan rangkaian eksperimen dan pipeline implementasi mulai dari preprocessing, pelatihan, hingga evaluasi model yang dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain yang ingin mengembangkan sistem klasifikasi citra medis menggunakan arsitektur transformer.

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi pendukung pengambilan keputusan medis dalam proses diagnosis awal kanker paru-paru dengan bantuan sistem berbasis kecerdasan buatan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperluas cakupan penerapan Vision Transformer di bidang medis, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan teknologi deteksi penyakit berbasis citra histopatologi secara otomatis, akurat, dan efisien.